

# АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

УДК 911+504

**А. Н. НЕКОС**, канд. геогр. наук, проф.  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
пл. Свободи, 6, Харків, 61022  
alnekos@yandex.ua

## АКУМУЛЯТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ РОСЛИН ЯК ФАКТОР ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РОСЛИННОЇ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ (на прикладі Харківського регіону)

На основі результатів досліджень можна стверджувати, що у разі можливості техногенного атмосферного забруднення слід уникати вирощування на присадибних ділянках листових овочів, зокрема капусти. Серед надгрунтових овочів простежується диференціація метало-аккумулятивних властивостей рослин в залежності від їх фізіологічних особливостей. На основі порівняння показників біологічного поглинання металів рослинами з вмістом їх рухомих форм у ґрунті можна визначити, що з підвищенням вмісту важких металів у ґрунті у рослин включаються механізми регуляції селективного поглинання мікроелементів, які визначаються генетичною специфікою рослин. Екологічний стан природних компонентів довкілля є домінуючим чинником, що визначає якість продуктів харчування.

**Ключові слова:** рослинні продукти харчування, екологічна безпека, акумулятивні властивості, важкі метали, біологічне поглинання

### **Nekos A. N. CUMULATIVE PROPERTIES OF PLANTS AS A FACTOR OF ENVIRONMENTAL SAFETY PLANT FOOD (for example, Kharkiv region)**

Based on the findings it can be argued that if the possibility of man-made pollution of atmosphere-reflex to avoid cultivation of home gardens leafy vegetables such kapus-you. Among nadhruntovyh vegetables differentiation observed metal-accumulative properties of plants according to their physiological characteristics. Based on comparison of the biological absorption of metals by plants containing their mobile forms in the soil can be determined that the increase in the content of heavy metals in the soil in plants include mechanisms regulating the selective absorption of micronutrients, which are determined by genetic characteristics of plants. The ecological status of the natural components of the environment is a dominant factor in determining the quality of the food.

**Keywords:** plant food, environmental safety, accumulative properties, heavy metals, biological absorption

### **Некос А. Н. АККУМУЛЯТИВНЫЕ СВОЙСТВА РАСТЕНИЙ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ПИТАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ХАРЬКОВСКОГО РЕГИОНА)**

На основе результатов исследований можно утверждать, что при возможности техногенного атмосферного загрязнения следует избегать выращивания на приусадебных участках листовых овощей, в частности, капусты. Среди надпочвенных овощей прослеживается дифференциация металло-аккумулятивных свойств растений в зависимости от их физиологических особенностей. На основе сравнения показателей биологического поглощения металлов растениями с содержанием их подвижных форм в почве можно определить, что с повышением содержания тяжелых металлов в почве у растений включаются механизмы регуляции селективного поглощения микроэлементов, которые определяются генетической спецификой растений. Экологическое состояние естественных компонентов окружающей среды является доминирующим фактором, определяющим качество продуктов питания.

**Ключевые слова:** растительные продукты питания, экологическая безопасность, аккумулятивные свойства, тяжелые металлы, биологическое поглощение

### **Вступ**

**Постановка проблеми.** Останнім часом проблема вирощування екологічно безпечної сільськогосподарської рослинної

продукції набула значної актуальності у зв'язку з інтенсифікацією процесів техногенезу. Рослинна продукція є домінуючою складовою щоденного раціону людини, що робить якість продуктів харчування пріори-

тетним фактором формування стану здоров'я як сільського, так і міського населення. Незважаючи на те, що продовольчо-екологічна безпека як складова сталого розвитку повинна володіти статусом найвищого пріоритету в державній політиці, національна нормативно-правова база України контролює якість харчової продукції, представленої лише в місцях її масової реаліза-

ції. В той час, як безпека рослинної продукції локальних частин агросфери – приватних присадибних ділянок, яку населення вирощує для власних потреб, не підлягає правовій регламентації. Тому, враховуючи сучасну екологічну ситуацію України, яка в деяких регіонах досягає кризового рівня, імовірність споживання забрудненої харчової продукції значно збільшується.

### **Стан вивчення питання**

Екологічну небезпеку рослинної продукції пов'язують із вмістом надлишкових концентрацій поллютантів, пріоритетну роль серед яких займають важкі метали – Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, Co, Cr, Cd та ін. Уявлення про обов'язкову токсичність важких металів не є вірним, оскільки до цієї групи входять есенційні мікроелементи, яким належить позитивна біологічна роль. Токсичними є не самі елементи, а їх концентрації, тому терміни «мікроелементи» та «важкі метали» є якісними, а не кількісними категоріями [1, 10, 18, 22, 24]. Незважаючи на те, що мікроелементи складають лише 0,6% основної маси рослин, їх дефіцит, так як і надлишок, здатний викликати цілу низку мікроелементозів. Основна небезпека важких металів полягає в здатності біоконцентруватись та викликати канцерогенні, мутагенні та тератогенні ефекти.

Відображаючи у своєму складі наявність у довкіллі певних концентрацій хімічних елементів, рослини стають індикаторами геохімічних аномалій як природного, так і техногенного походження [3, 13, 15, 20]. Це дозволяє стверджувати про вирішальну роль природних фізико-географічних та соціально-економічних факторів у формуванні хімічного складу рослинної продукції.

Фундаментальні теоретичні основи щодо особливостей формування хімічного складу рослин як результату процесу геохімічної міграції елементів були закладені О. П. Виноградовим [3], Б. Б. Полиновим [за 20], О. І. Перельманом [20], В. В. Ковальським [13] та ін. Сьогодні найбільшого висвітлення у науковій літературі дістала агро-екологічна оцінка важких металів у системі «грунт – рослина» [1, 10, 11, 16, 18, 22, 24]. Активно вивчаються особливості накопичення важких металів у дикорослих рослинах та лікарських травах [2, 9], досліджу-

ються металоаккумулятивні властивості листя деревних рослин [6, 7, 14]. Особлива увага приділяється вивченню еволюційних аспектів механізмів детоксикації та толерантності рослин до важких металів [19, 23, 25].

Незважаючи на досить широкий предметний спектр досліджень рослинної продукції, географічні аспекти формування якості рослинних продуктів харчування у науковій літературі не мають належного висвітлення. Однак, відомо, що переважна більшість природних та соціально-економічних (антропогенних) факторів, що впливають на процеси формування хімічного складу рослин, пов'язані з географічними закономірностями. У зв'язку з цим виникла необхідність залучення географічних знань, які здатні обґрунтувати вплив різних рівнів організації природної та соціальної форми руху матерії на біогеохімічну міграцію хімічних елементів. Дослідженням даних аспектів покликаний займатись новий науковий напрям конструктивної географії – трофогеографія, у розвиток якого домінуючий внесок робить наукова діяльність викладачів та студентів екологічного факультету ХНУ імені В. Н. Каразіна.

Забезпечення мінімальної вірогідності споживання забрудненої рослинної продукції ґрунтується на розумінні механізмів надходження та транслокації хімічних елементів до рослини, природа яких досить складна, оскільки залежить від комплексного впливу цілої низки факторів.

Можливість надходження важких металів двома шляхами (кореневий (грунтовий) та фоліантний (аеральний) підвищує їх концентрації у рослині, збільшуючи тим самим небезпечність забруднення як для самої рослини, так і для організму людини внаслідок споживання забрудненої продукції. Наявність пасивного та активного (се-

лективного) переносу іонів порушує пряму залежність хімічного складу рослин від вмісту елементів у ґрунті [1, 8, 9, 23, 27]. Для біоти більше значення має не весь ґрунтовий фонд важких металів, а вміст їх рухомих форм [1, 2, 9, 16, 17, 20, 24]. Тому характер міграції важких металів обумовлений як внутрішніми, так і зовнішніми факторами. До внутрішніх факторів належить хімічна природа елемента, а зовнішні фактори визначаються умовами середовища його міграції [1, 22, 23, 27].

Слід зазначити, що для обмеження надмірного надходження мікроелементів рослини мають генетично обумовлені механізми захисту – селективне поглинання, фізіологічні бар'єри [11, 12, 23, 27], біохімічні реакції детоксикації важких металів неспецифічної природи [19, 23, 25, 27]. Толерантність рослин до накопичення певних хімічних елементів обумовлена їх генетичними та фізіологічними особливостями (вид, сорт, морфологічна будова, стадії розвитку). Акумуляція елемента в певному органі рослини визначається його участю в біохімічних процесах та залежить від шляху його міграції по провідній тканині рослини (симплазматичного та апоплазматичного) [1, 23, 27].

Проте, в умовах посиленого техногенезу захисні механізми детоксикації важких металів не здатні повністю блокувати міграцію надлишкових іонів токсичних елементів до ксилеми, про що свідчить їх акумуляція у надземних вегетативних та репродуктивних органах рослин, що проростають у зонах техногенних геохімічних аномалій [1, 2, 10, 11, 22, 24, 27].

Слід відзначити, що досить часто домінуючим фактором підвищеного вмісту важких металів у надземних частинах рослин є атмосферне повітря, що забруднюється

ся викидами автотранспорту і промислових підприємств та аеральне обприскування рослин пестицидами, що збільшує частку фоліантного надходження токсичних концентрацій металів через продиhi та кутикулу листової поверхні [23, 26, 27]. Так, науковці відмічають, що забруднення рослин Cd, Pb, Zn [8, 11, 27, 28, 29] та Ni [8] у районах інтенсивного техногенного впливу відбувається в основному за рахунок осадження цих елементів з атмосфери.

Таким чином, закономірності поглинання, міграції та акумуляції хімічних елементів у рослинних організмах визначаються цілим комплексом взаємопов'язаних природних та антропогенних факторів. Взаємодія природних чинників, серед яких домінуючими є ландшафтні, геолого-геоморфологічні, клімато-гідрологічні умови та диференціація ґрунтового покриву, визначає фоновий вміст елементів у певних компонентах довкілля та характер їх територіального розподілу шляхом утворення геохімічних бар'єрів на шляху геохімічних потоків. Однак вплив природних факторів значною мірою нівелюється пресингом антропогенних чинників. Техногенне привнесення важких металів у довкілля робить екологічний фактор формування хімічного складу рослин домінуючим над генетичними особливостями самих рослин та природними закономірностями розподілу хімічних елементів.

**Мета досліджень** є з'ясування ролі металоаккумулятивних властивостей рослин у формуванні хімічного складу рослинної продукції як індикатора екологічної безпеки продуктів харчування в умовах домінуючого пресингу соціально-економічних факторів (на основі результатів регіональних трофогеографічних досліджень, що проводились на території Харківського регіону).

### *Методи досліджень*

В основі трофогеографічних досліджень екологічної безпеки харчової продукції рослинного походження покладено конструктивно-географічний підхід, який дозволяє розглянути якість рослинної продукції як результат комплексного впливу природних та соціально-економічних факторів. Крім того, також використано біогеохімічний, ландшафтно-геохімічний та еко-

лого-геохімічний підходи, які дозволяють врахувати комплексність та системність міграції мікроелементів до рослин [15]. Базовим при проведенні трофогеографічних досліджень є порівняльно-географічний метод та метод екологічних полігонів за І. М. Волошиним. [4], закладених на локальних частинах агросфери – приватних присадибних городніх та садових ділянках у

різних природних (ландшафтних, ґрунтових, кліматичних та ін.) та антропогенних умовах.

У ході трофогеографічних досліджень для здійснення хімічного аналізу проведено відбір зразків рослинної продукції та ґрунту. Відбір проб ґрунту проводився у відповідності до ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.02-84 та ДСТУ 4287: 2004, а рослинної продукції – у відповідності до ДСТУ ISO 874-2002 (ISO 874:1980, IDT) та ГОСТ 24027.0-80. Вміст важких металів (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb, Co, Cr, Cd) та Al визначався методом атомно-абсорбційного спектраль-

ного аналізу на атомно-абсорбційному спектрофотометрі ААС-115 ПК. Вміст хімічних елементів у рослинних пробах визначався відповідно до вимог ГОСТ 30178-96. Вміст рухомих форм металів у ґрунті визначався згідно з ДСТУ 4770.1:2007 – ДСТУ 4770.9:2007 у буферній амонійно-ацетатній витяжці (рН = 4,8). Хімічний аналіз зразків ґрунту та рослинної продукції проводився у навчально-дослідній лабораторії аналітичних екологічних досліджень екологічного факультету ХНУ імені В. Н. Каразіна.

### **Основні результати досліджень**

У ході регіональних трофогеографічних досліджень, які проводились протягом 2008-2012 рр. у межах лісостепової та степової природних зон у межах Харківського регіону, відібрано 485 зразків різних видів рослинної продукції, вирощеної в межах експериментальних екологічних полігонів, що закладені у ході дослідження. В якості об'єктів дослідження представлені найбільш поширені, основні види продуктів харчування рослинного походження, які населення споживає щоденно, а саме овочі (ґрунтові – картопля, морква, буряк столовий, цибуля, часник, редис; надґрунтові – томати, капуста, петрушка, кріп, перець солодкий, огірки, гарбузи, кабачки, баклажани), фрукти (абрикос, груша, персик, слива, яблука) та ягоди (вишня, черешня, малина, обліпіха, смородина червона та чорна, виноград, полуниця, агрус, калина).

Крім того, оскільки одним із шляхів надходження важких металів до організму людини є споживання лікарських препаратів, виготовлених на основі рослинної сировини, особлива увага приділялась аналізу хімічного складу дикорослих лікарських трав, вирощених в умовах техногенного пресингу (вероніка лікарська, звіробій звичайний, тисячолісник звичайний, шавлія лікарська, полин гіркий, ромашка лікарська). Також для простеження особливостей транслокації мікроелементів по рослинному організму для деяких фруктових дерев разом із плодами були відібрані зразки листя.

Паралельно до відбору проб рослинних продуктів харчування проведено відбір зразків ґрунту, на яких була вирощена рос-

линна продукція, що досліджувалася. Ґрунтовий покрив представлений основними типами ґрунту лісостепової та степової природних зон, а також азональними ґрунтами в межах урбогеосистем.

Відповідно до отриманих результатів хімічного аналізу найбільші середні концентрації важких металів здатні акумулювати ґрунтові овочі (представники лілійних: часник –  $5,03 \pm 0,17$  мг/кг, цибуля –  $4,56 \pm 0,21$  мг/кг), потім ідуть лікарські трави ( $3,99 \pm 0,3$  мг/кг) та надґрунтові овочі ( $3,38 \pm 0,19$  мг/кг), ягоди ( $2,06 \pm 0,14$  мг/кг) та фрукти ( $2,24 \pm 0,11$  мг/кг). Дуже високі середні концентрації важких металів (від  $2,71 \pm 1,38$  мг/кг до  $18,5 \pm 1,38$  мг/кг) були зафіксовані для листя фруктових дерев, вирощених поблизу дорожніх ландшафтів.

У ході трофогеографічних досліджень виявлені певні особливості накопичення важких металів різними частинами рослинної продукції, що споживається в їжу. Так, згідно з результатами досліджень можна виділити наступний ряд рослинної продукції відповідно до встановлених метало-акумулятивних властивостей: соковиті плоди ( $2,66 \pm 0,12$  мг/кг) < коренеплоди ( $4,23 \pm 0,14$  мг/кг) та клубні ( $4,3 \pm 0,2$  мг/кг) < стебла та листя (в середньому  $5,38 \pm 0,54$  мг/кг, інколи понад  $18,0 \pm 0,66$  мг/кг). Отже, в органах запасання асимілянтів накопичення важких металів мінімальне, що підтверджує вже існуючі результати інших дослідників [1, 11].

У ході досліджень також виявлена диференціація метало-акумулятивних властивостей рослин в залежності від їх фізіоло-

гічних особливостей. Так, листові овочі (петрушка, кріп, капуста) в середньому містять у 3,5 - 1,5 рази більше важких металів, ніж плодові нелистові (кабачки, огірки, томати), що також знаходить підтвердження у ряді наукових публікацій [26, 28, 29]. Проте, при цьому слід зазначити наявність певних особливостей різних овочів у накопиченні конкретних хімічних елементів. Наприклад, якщо не враховувати петрушку та кріп, то ґрунтові овочі акумулюють більші концентрації Ni ( $0,8 \pm 0,06$  мг/кг) та Zn ( $7,98 \pm 0,24$  мг/кг), ніж надґрунтові – відповідно  $0,5 \pm 0,05$  мг/кг та  $6,45 \pm 0,4$  мг/кг. Простежуються і видові відмінності. Зокрема, селерові овочі – петрушка ( $6,47 \pm 1,8$  мг/кг) та морква ( $4,19 \pm 0,21$  мг/кг) – містять у 1,3 – 2,9 рази вищі середні концентрації важких металів, ніж капустияні – капуста ( $3,16 \pm 0,18$  мг/кг) та редис ( $2,26 \pm 0,4$  мг/кг).

На основі аналізу побудованих акумулятивних рядів виявлено відсутність прямої залежності вмісту важких металів у рослинній продукції та вмісту їх рухом

форм у ґрунті. У всіх видах рослин, що досліджувалися, в акумулятивних рядах металів пріоритетним виявився Fe, середній вміст якого у рослинах складав  $15,33 \pm 0,61$  мг/кг, а максимальні концентрації досягали  $90,2 \pm 0,61$  мг/кг. Далі слідували Zn та Mn, тоді як у спряжених з рослинами ґрунтах у всіх випадках зафіксовано домінуючий вміст рухомих форм Mn (в середньому  $9,73 \pm 0,57$  мг/кг). Даний факт є яскравим підтвердженням явища селективного поглинання хімічних елементів рослинами в залежності від їх біогенності та есенційності.

З метою виявлення актуальної доступності для рослин хімічних елементів та ступеню використання ними рухомих форм металів, що містяться в ґрунті, розраховано коефіцієнт біогеохімічної рухливості  $B_x$  за М. С. Касимовим [20] як варіант коефіцієнту біологічного поглинання (табл.). Коефіцієнт біогеохімічної рухливості розраховувався як відношення вмісту хімічного елемента у сухій речовині рослин до його рухомих форм у ґрунті.

Таблиця

Коефіцієнти біогеохімічної рухливості  $B_x$  для рослин

Рослини	Хімічний елемент									
	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Pb	Al	Co	Cr	Cd
Ґрунтові овочі	5,71	1,73	1,69	2,93	0,76	0,90	1,05	0,87	0,93	0,83
Надґрунтові овочі	3,84	0,93	1,59	3,15	0,44	0,66	0,89	0,64	0,73	0,59
Фрукти	2,77	0,44	0,91	1,73	0,80	0,56	1,04	0,76	0,35	0,40
Ягоди	2,67	0,70	0,52	2,50	0,37	0,46	0,59	1,01	0,41	1,23
Лікарські трави	2,62	1,47	1,83	1,42	0,62	0,35	0,74	0,33	0,49	0,46

На основі розрахованих показників  $B_x$  для рослин що досліджено побудовано ряди біологічного поглинання за Б. Б. Полиним (1944) [за 20]:

- для ґрунтових овочів:

Fe > Cu > Mn > Zn > Al > Pb > Co > Ni > Cr > Cd

- для надґрунтових овочів:

Fe > Cu > Zn > Mn > Al > Cr > Pb > Co > Cd > Ni

- для фруктів:

Fe > Cu > Al > Zn > Ni > Co > Pb > Mn > Cd > Cr

- для ягід:

Fe > Cu > Cd > Co > Mn > Al > Zn > Pb > Cr > Ni

- для лікарських трав:

Fe > Zn > Mn > Cu > Al > Ni > Cr > Cd > Pb > Co

Як визначено з рядів біологічного поглинання, Fe, Cu, Mn та Zn, найбільш інтен-

сивно поглинаються з ґрунту рослинами, що дозволяє віднести ці елементи до важких металів енергійного накопичення. Крім того, слід відзначити, що ягоди найбільш активно у порівнянні з іншими рослинами поглинають Cd. Зокрема, для обліпихи показник  $B_x$  за Cd складає 5,64, для калини – 2,64 - 3,20, а для смородини червоної інколи сягав 6,0.

Ряди біологічного поглинання чітко підкреслюють антагоністичні взаємодії важких металів. Так, як це можна побачити на прикладі ягід та лікарських трав, високий вміст рухомих форм Co пригнічує поглинання рослинами Ni і навпаки, що підтвер-

джується результатами досліджень інших вчених [5, 27].

Крім того, виявлено, що низьким значенням вмісту рухомих форм металів у ґрунті відповідають високі значення показників  $V_x$ . На основі значень показників біологічного поглинання можна візуально простежити залежність інтенсивності поглинання хімічних елементів рослинами від типу ґрунту, на якому вони вирощені (рис.)

Як визначено з аналізу залежності (рис.), найвищі середні показники біологічної рухомості металів характерні для овочевих культур, вирощених на чорноземах звичайних, що свідчить про низький вміст рухомих форм важких металів у верхньому шарі ґрунтового профілю за результатами хімічного аналізу.

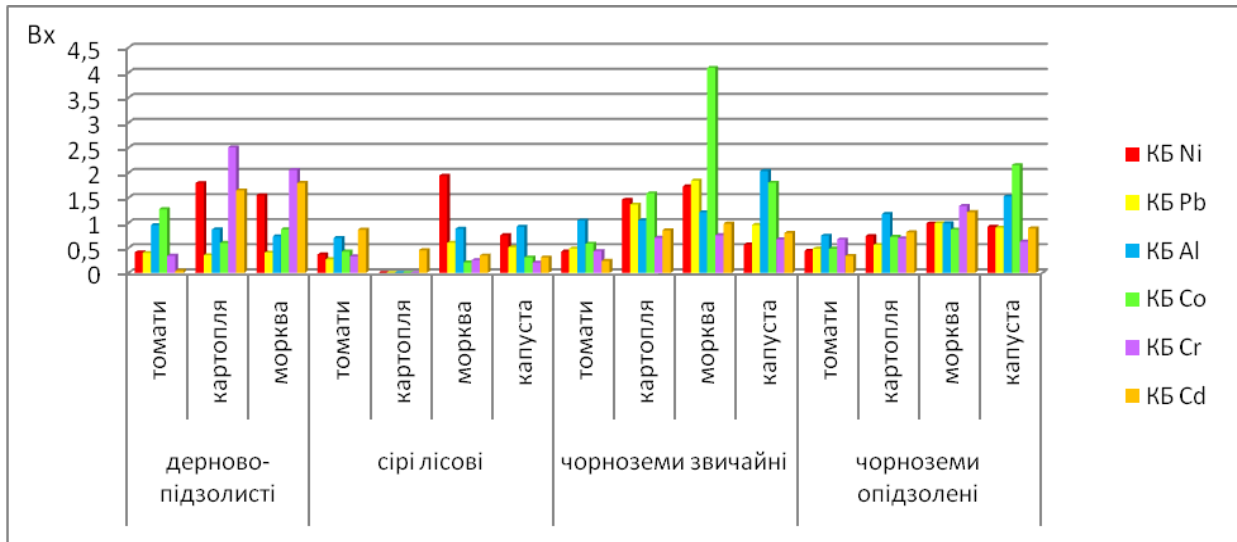


Рис. – Залежність інтенсивності поглинання хімічних елементів рослинами від типу ґрунту

Так, для чорноземів звичайних зафіксовані мінімальні середні концентрації важких металів у ґрунті ( $2,32 \pm 0,13$  мг/кг) та рослинній продукції ( $3,39 \pm 0,21$  мг/кг).

Гранулометричний склад чорноземів звичайних (середньо- та важкосуглинисті) сприяє високій адсорбції металів; високий вміст гумусу у орному шарі (3-5,5%) активізує комплексоутворення іонів металів з органічними кислотами; слабо кисла та близька до нейтральної реакція рН (5,5 - 6), яка за словами Dowdy R.H. (1983) [за 11], здатна забезпечити малу рухомість важких металів та гігієнічну чистоту сільськогосподарських культур. Тому генетичні характеристики чорноземів звичайних дозволяють вважати їх найбільш стійкими та екологічно безпечними ґрунтами в умовах потенційного впливу антропогенного фактору.

Крім того, окремим аспектом даних регіональних трофогеографічних досліджень виявлення особливостей накопичення важких металів в умовах пресингу фактора атмосферного забруднення, спричиненого викидами промислових підприємств та автотранспорту. Тому з метою простеження ролі аерального надходження політантів проаналізовано вміст металів у рослинній продукції в залежності від ступеню забруднення атмосферного повітря. Наприклад, встановлено, що у капусті, вирощеній в умовах значного та відносно значного ступеню забруднення атмосферного повітря [21] вміст Cd становив  $0,073 \pm 0,01$  мг/кг –  $0,122 \pm 0,01$  мг/кг, що складає 2,3 – 4,1 ГДК. Тоді як у рослинах, вирощених в умовах незначного та відносно незначного ступеню забруднення повітря [21], ці показники становили  $0,01 \pm 0,007$  мг/кг –  $0,05 \pm 0,01$  мг/кг (0,3 – 1,7 ГДК). При

цьому слід зазначити, що за умови практично однакового вмісту Cd у ґрунті ( $0,17 \pm 0,07$  мг/кг –  $0,21 \pm 0,03$  мг/кг) середні значення коефіцієнту Vx для капусти, вирощеної в умовах інтенсивного атмосферного забруднення ( $Vx=0,75$ ) були у 1,3 рази нижчі, ніж для рослин, вирощених за незначного впливу даного фактора ( $Vx=1$ ). Таким чином, за умови вмісту у ґрунті рухомих форм Cd в межах допустимих норм та слабкої інтенсивності поглинання Cd з ґрунту (згідно з показниками коефіцієнту

Vx) були зафіксовані значні концентрації даного металу у рослинній продукції, що свідчить про домінуючий внесок аерального надходження Cd до рослинної продукції через кутикулу та породи листової поверхні в умовах техногенного навантаження. Однак, слід підкреслити, що питання співвідношення ґрунтового та аерального надходження до рослинної продукції важких металів, у тому числі Cd, потребує проведення більш детальних досліджень.

### Висновки

Поглинання та розподіл хімічних елементів у рослинному організмі визначається комплексом складних, взаємопов'язаних чинників, тому точно визначити конкретний внесок кореневого та листового надходження у збільшення вмісту важких металів у рослинних тканинах важко. Однак, на основі результатів досліджень можна стверджувати, що у разі можливості техногенного атмосферного забруднення слід уникати вирощування на присадибних ділянках листових овочів, зокрема капусти.

У ході регіональних трофогеографічних досліджень встановлено, що якщо не враховувати петрушку, найбільш чітко вираженими метало-акумулятивними властивостями володіють ґрунтові овочі, особливо представники лілійних – часник ( $5,03 \pm 0,17$  мг/кг) та цибуля ( $4,56 \pm 0,21$  мг/кг). Серед надґрунтових овочів простежується диференціація метало-акумулятивних властивостей рослин в залежності від їх фізіологіч-

них особливостей. Так, листові овочі (петрушка, кріп, капуста) в середньому містять у 3,5 - 1,5 рази більше важких металів, ніж плодові нелистові (кабачки, огірки, томати).

На основі порівняння показників біологічного поглинання металів рослинами (Vx) з вмістом їх рухомих форм у ґрунті можна визначити, що з підвищенням вмісту важких металів у ґрунті у рослин включаються механізми регуляції селективного поглинання мікроелементів, які визначаються генетичною специфікою рослин. Проте, у світлі інтенсифікації техногенезу та нераціональної експлуатації агросфери в цілому природні закономірності формування хімічного складу рослинної продукції значною мірою нівелюються пресингом соціально-економічних (антропогенних) факторів. Тому екологічний стан природних компонентів довкілля є домінуючим чинником, що визначає якість продуктів харчування.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Бадмаева З. Б. Экологическая оценка почвенного и растительного покрова карьеров Республики Калмыкия: автореф. дис....канд. биол.наук: 03.02.08 / З. Б. Бадмаева. – ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского». – Саратов, 2012. – 19 с.
3. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А. П. Виноградов. – Изд. 2-е, доп. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 240 с.
4. Волошин І. М. Ландшафтно-екологічні основи моніторингу / І. М. Волошин. – Львів: Простір, 1998. – 356 с.
5. Вступ до медичної геології / За ред. Г. І. Рудька, О. М. Адаменка. – К.: Вид-во «Академпредс», 2010. – Т 1. – 736 с.
6. Демич Ю. А. Содержание тяжёлых металлов в объектах окружающей среды и состояние растительных популяций / Ю. А. Демич // Вестник СамГУ. – Естественнонаучная серия. – 2006. – №7 (47). – С. 45-53.
7. Дергунова А. Б. Особенности аккумуляции тяжелых металлов листьями древесных растений / А. Б. Дергунова, Х. Х. Рахимова // Материалы II Всероссийской конференции «Новые достижения в химии и химической технологии

- растительного сырья» (21-22 апреля, 2005 г). – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та. – 2005. – Т. I. – С. 713-716.
8. Дуглас П. Орморд Воздействие загрязнения микроэлементами на растения / П. Орморд Дуглас // Загрязнение воздуха и жизнь растений; под ред. Майкла Трешоу. – Л.: Гидрометеозидат, 1988. – С. 327 – 347.
9. Егорова И. Н. Содержание тяжелых металлов и радионуклидов в сырьевых лекарственных растениях Кемеровской области: автореф. дис....канд. биол. наук: 03.02.08 / И. Н. Егорова. – ГОУ ВПО «Томский государственный университет». –Томск, 2010. – 21 с.
10. Ильин В. Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / В. Б. Ильин, А. И. Сысо. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
11. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение / В. Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991. – 151 с.
12. Ковалевский А. Л. Биогеохимия растений / А. Л. Ковалевский. – Улан-Удэ: Бурят. изд-во, 1969. – 160 с.
13. Ковальский В. В. Геохимическая экология / В. В. Ковальский. – М.: Наука, 1974. – 300 с.
14. Козаренко О. М. Поступление тяжелых металлов на поверхность листьев растений в течение вегетационного периода в лиственных лесах Калужской области / О. М. Козаренко, А. Е. Козаренко // Тяжелые металлы в окружающей среде. – Пушкино, 1996. – С. 85.
15. Малишева Л. Л. Ландшафтно-геохімічна оцінка екологічного стану території / Л. Л. Малишева. – К. : РВЦ «Київський університет», 1997. – 264 с.
16. Матвеев В. М. Биоэкологическая оценка вовлечения тяжелых металлов в основные трофические цепи и биогеохимический круговорот в условиях агрофитоценозов : На примере лесостепного Высокого Заволжья: дис. ... канд. биол. наук : 03.00. 16. – Самара, 2004. – 169 с.
17. Орлов Д. С. Микроэлементы в почвах и живых организмах / Д. С. Орлов // Соросовский образоват. журн. – 1998. – №1. – С.61-68
18. Пархоменко Н. А. Агроэкологическая оценка действия тяжелых металлов в системе почва-растение : дис... канд. с.-х. наук: 06.01.04. – Омск, 2004. – 237 с.
19. Пастухова Н. Л. Детоксикация тяжелых металлов у растений / Н. Л. Пастухова [Электронный источник]. – Режим доступа: [http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem\\_Biol/peop/2008/218-226.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem_Biol/peop/2008/218-226.pdf)
20. Перельман А. И. Геохимия ландшафта: учебник / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М.: Московский госуд. ун-тет, 1999. – 610 с.
21. Пересадько В. А. Картографічне забезпечення екологічних досліджень і охорони природи: монографія / В. А. Пересадько. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2009. – 242 с.
22. Прохорова Н. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях в условиях техногенеза / Н. В. Прохорова, Н. М. Матвеев. – Вестник Сам-Гу, 1996. – Спец. выпуск. – С. 125-147.
23. Титов А. Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам / А. Ф. Титов, В. В. Таланова, Н. М. Казнина, Г. Ф. Лайдинен. – [отв.ред. Н. Н. Немова]. – Институт биологии КарНЦ РАН. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 172 с.
24. Убугунов В. Л. Тяжелые металлы в садово-огородных почвах и растениях г. Улан-Удэ / В. Л. Убугунов, В. К. Кашин. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004. – 128 с.
25. Чиркова Т. В. Физиологические основы устойчивости растений / Т. В. Чиркова. – СПб: Изд-во СПб ун-та, 2002. – 244 с.
26. Itanna F. Metals in leafy vegetables grown in Addis Ababa and toxicological implications / F. Itanna. – Ethiopian. J. Health Dev., 6., 2002. – P. 295-302.
27. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants / A. Kabata-Pendias. – 4th Edition. – Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. – 548 с.
28. Miller J. R. Heavy metal contamination of water, soil and produce within riverine communities of the Rio Pilcomayo basin, Bolivia / J. R. Miller, K. A. Hudson-Edwards, P. J. Lechler et d. – The Science of the Total Environment, 320, 2003. – P. 189-209
29. Yu L. Risk assessment of heavy metals in soils and vegetables around non-ferrous metals mining and smelting sites, Baiyin, China / Yu L., Yan-bin, Xin W., Gou, S. Yi-bing, W. Gang. – Journal of Environmental Science, 2006. – Volume 18, No.6. – P. 1124 – 1134.

Надійшла до редколегії 23.04.2012